

# 신경회로망을 이용한 3D 하천환경에서의 충돌감지

제성관<sup>\*</sup> · 김철기<sup>\*\*</sup> · 서창진<sup>\*\*\*</sup> · 차의영<sup>\*\*\*\*</sup>

## 요 약

자연생태환경에서의 하천변화에 대한 연구는 관찰자가 상주해야하는 문제점과 사람의 주관적인 분석으로 인해 부정확한 결과물을 초래한다. 본 논문은 자연하천생태의 현장조사를 통한 자료획득과 동수역학 모형의 모의를 바탕으로 정확한 분석을 통한 자원관리 및 평가를 할 수 있는 모델을 제안한다. 하천의 생태에서의 유체의 변화는 신경회로망을 이용하여 충돌을 감지하였다. 실험결과, 충돌감지에 따르는 시간비용을 줄였으며, 그 정확도 또한 우수하였다.

## Detection of Collision in the 3D Rivers using the Artificial Neural Network

Sung-Kwan Je<sup>\*</sup>, Cheol-Ki Kim<sup>\*\*</sup>, Chang-Jin Seo<sup>\*\*\*</sup> and Eui-Young Cha<sup>\*\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

There are problems to research the aquatic ecosystems. One is that an observer must be stationed in the specified environment and the other is that his subjective analysis causes incorrect results. In this paper, we proposed the model to evaluate and manage resources. It is based on the simulation of data acquisition and hydrodynamic model in the aquatic ecosystems. We used the artificial neural network to detect the collision between fluids. In the experiment result, the proposed model is very effective and accurate in the detection of collision.

**Key words:** 하천환경, 충돌감지, 신경회로망, 유속, 침강력

## 1. 서 론

하천은 상수원 및 수자원으로서의 가치뿐만 아니라 환경 친화적 공간, 생태계의 바이오톱(biotope), 생태계 네트워크 구축, 생물다양성, 보전지역 등 인간과 자연이 공존하는 자연공간으로 중요성이 부각되었다. 특히 도시화가 가속되고 있는 도심 속에서 하천생태계가 갖는 기능과 역할은 매우 중요하다. 하천관리의 근본적인 문제는 육상으로부터 유입되어 하천 바닥에 퇴적되는 유체로 인해 유속이 늦어지고

하상(河上)이 높아져 궁극적으로 하천이 사라진다는 점이다[1]. 하천의 "퇴화"를 해결하기 위해 하상을 시멘트 등으로 피복하거나 퇴적물을 준설하는 식의 방법을 반복하였다. 그러나 이러한 공법은 하천의 생태계를 무차별적으로 파괴하여 결국 생물이 살지 않는 하천을 초래하고 이에 수반되는 제반 생태적, 사회경제적 문제점을 야기하였고, 이에 다시 자연형 하천으로 복원하기 위한 공법이 시도되고 있다[2]. 동수역학 모형을 이용한 오염물의 확산은 여러 가지 수자원환경에 대해 국내외에서 상당히 진행되어 왔다[5]. 나아가 하천 생태계의 성장에 관한 연구 또한 독립적으로 상당수 이루어졌다[6-8]. 하천에서 물 흐름에 대한 양상이 대단히 복잡함에도 불구하고, 유속의 크기, 하상구조의 다양성에 따른 종의 서식에 대한 일

접수일 : 2002년 11월 14일, 완료일 : 2003년 2월 19일

<sup>\*</sup> 준회원, 부산대학교 전자계산학과 박사과정

<sup>\*\*</sup> 준회원, 밀양대학교 컴퓨터공학과 전임강사

<sup>\*\*\*</sup> 준회원, 부산대학교 멀티미디어학과 박사과정

<sup>\*\*\*\*</sup> 종신회원, 부산대학교 컴퓨터공학과 교수

반적 연구가 있고[10], 구체적인 하천에서 하천의 흐름이나 오염물 침전에 따른 하상생태계 발전에 따라 생물 구성이 어떻게 형성되는지에 대하여 수행된 연구는 드물다. 기존의 방법들은 사람에 의한 수동적인 방법으로 주관적인 판단에 의해 연구결과물이 좌우되는 문제점이 있다. 이러한 문제점은 하천에 대한 자원관리, 평가 및 모니터링에 대해 부정확한 정보이므로 예측 또한 부정확한 결과를 초래한다.

본 논문은 자연하천생태의 현장조사를 통한 자료 획득과 동수역학 모형의 모의를 바탕으로 하상의 수심과 유속, 하상 단면을 현장과 최대한 유사하게 구현하여 정확한 분석을 통한 자원관리 및 평가를 할 수 있는 모델을 제안한다. 신경회로망을 이용한 유체간의 충돌을 감지함으로써 시간비용을 줄였으며, 수동적인 관찰에 따른 데이터 측정과 제안한 모델을 비교한 결과 유사한 성능을 보였다.

## 2. 자연 생태환경

일반적으로 하천에서는 그림과 같이 유기체와 무기체 등 각종 생물, 미생물들이 서로 연관성을 가지며 군집을 이루거나 각자 고유한 특성을 가지고 상호작용을 하는 다양하고 복잡한 구조를 이루고 있다. 이러한 다양하고 복잡한 자연 생태연구는 아직 미숙한 단계이긴 하나, 세부적으로 나누어서 분석하는 격자모델(lattice model)이 연구되고 있다.

기존의 연구들은 현장조사를 통한 자료획득과 동수역학 모형의 모의를 통한 하천흐름환경의 이해를 바탕으로 실험실에서 인공수로를 제작에 따르는 고비용과 시간변화에 따르는 생태환경 변화에 대한 관

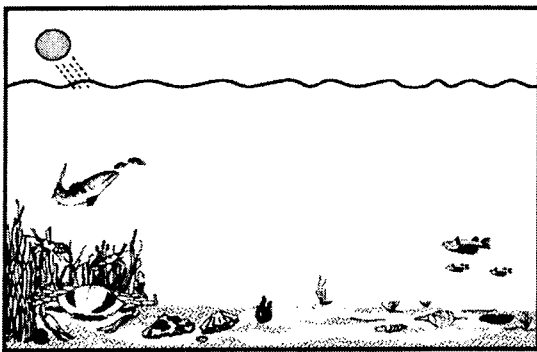


그림 1. 자연 생태환경

찰자가 상주해야 하는 애로가 발생한다. 움직이는 유체의 상태변화에 대해 많은 연구가 진행되고 있지만, 아직 단순한 통계데이터에 대한 분석으로만 진행과정을 살펴보고, 반응을 예측하고 있는 상태이다. 그러나, 하천을 모델함으로써 관찰하고자 하는 유체의 상태변화를 보다 효율적으로 관찰하고, 변화에 영향을 미치는 외부적인 환경요소에 대해 파악할 수 있을 것이다.

일반적으로 하천에 흐르는 유체들은 물의 흐름으로 그림 2과 같은 항력을 가진다[11].

그림 2을 물의 흐름에 의한 유체의 위치에 따라 그 항력은 수학적으로 표현하면 그림 3과 같이 나타낼 수 있다. 저항력은 하천의 경우, 하천오염정도에 따라 다르겠지만, 일반적인 값을 적용하여 흐름을 살펴보고자 한다.

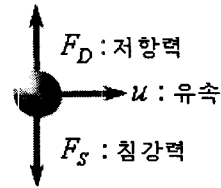


그림 2. 유체의 항력

### 2.1 유속

자연 생태계에서는 하천의 깊이나 너비에 따라 유속이 다양하게 나타난다. 그림 3과 같이 유속의 분포를 나타낼 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 하천의 깊이를 고려하여 유속에 따른 전단력을 표현하였다.

$$U^* = U / 5.57 \log_{10}(12D/K) \quad (1)$$

여기서,  $U$ 는 평균유속,  $D$ 는 수심(cm),  $K$ 는 바닥 표면의 Roughness이다.

하천의 바닥이 굴곡이 없는 것을 가정하여 감안하여,  $K$ 값을 무시하였으며, 유체의 속력을 식 (1)과 같이 Statzner 등이 사용한 전단속력(Shear Velocity)으로 구하지 않고 점성유체에 대한 식 (2)과 같이 Navier-Stokes의 운동방정식으로 구하였다[11].

$$\rho \frac{du}{dt} = \rho X - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)$$

$$\rho \frac{dv}{dt} = \rho Y - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right)$$

$$\rho \frac{dw}{dt} = \rho Z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (2)$$

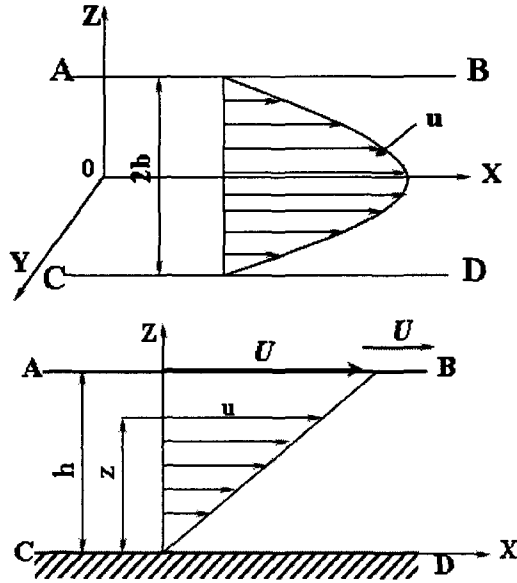


그림 3. 유속의 단면도

두 평면(Y, Z)은 고정되어 있다고 하면 경계면에 붙어 있는 유체의 속도는 0이고, X축 위에서 가장 크므로, 이 경우는 2차원류가 되므로 Z방향으로는 모든 것이 동일하므로 생각할 필요가 없고, Z방향의 유속도  $w = 0$ 이다. X축을 수평이라 하고, 정상적 흐름이고 하면 X축 방향의 흐름만을 생각하면 되므로,  $z = \pm b$ 에 있어서  $u = 0$ 의 조건으로 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$u = -\frac{1}{2\mu} \frac{\partial p}{\partial x} (b^2 - z^2) \quad (3)$$

이 흐름의 속도분포는 포물선형이고  $Z = 0$ , 즉 중심에 있어서 가장 유속이 크다. 여기서  $\frac{\partial p}{\partial x}$ 는 흐름 방향에 대한 압력의 변화율이다. 따라서, 본 논문에서는 3차원적으로 표현하기 위해 X방향을 고정시켜 놓으면 U의 속도로 X방향으로 움직이는 경우로 생각할 수 있다. 이 경우는 그림 3에서, X면 위에서는 유속이 0이고, X면에 붙어 있는 유체속도는 평판의 속도 U와 같다. 따라서 h 사이에 있어서는 유속이 0~U 사이에서 변화한다.

이 경우는 X방향으로 흐름을 일으키는 압력경사가 필요 없다. 이 흐름도 2차원흐름이 되고,  $\bar{z} = 0$ 에

서  $u = 0$ ,  $\bar{z} = h$ 에서  $u = U$ 의 조건으로 식 (4)와 같이 깊이에 따른 유속을 계산할 수가 있다.

$$\therefore u = \frac{U}{h} z \quad (4)$$

### 2.2 침강력

자연생태계에서는 앞장에서 살펴본 유속과 같이 하천의 깊이나 너비에 따라 유체가 받는 저항력 또한 다르다는 것을 알 수 있다. 따라서, 그림 2과 같이 일반적으로 중력에 의한 침강력과 유체가 가지고 있는 저항력을 고려하여야 한다[11]. 따라서 유체의 침강력(중력)  $F_s$ 은 다음과 같다.

$$F_s = g(\rho_s - \rho_w)V \quad (5)$$

여기서,  $\rho_s$ : 유체의 밀도,  $\rho_w$ : 유체의 밀도,  $V$ : 유체의 체적 ( $= \frac{\pi d^3}{6}$ )

중력에 의한 폐수의 저항력(마찰항력)  $F_D$ 은 다음과 같다.

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot A \cdot \rho_w \cdot u^2 \quad (6)$$

여기서,  $C_D$ : 저항력 계수,  $A$ : 유체의 투영단면적 ( $= \frac{\pi D^2}{4}$ )이다.

등속 침강(중력과 마찰력이 같을 때)이 일어날 경우, 유체의 중력이 액체의 부력이나 마찰저항과 평형을 이룬 상태에서 유체는 종말 침강속도라고 불리는 일정한 침강속도에 도달한다. 즉,  $F_s = F_D$ 가 되므로 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$g(\rho_s - \rho_w)V = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot A \cdot \rho_w \cdot V_s^2 \quad (7)$$

이것을 일반화하여 물체에 대해 적용하였다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 유속에 대하여 Navier-Stokes의 방정식을 일반화하여 하천의 높이와 너비를 고려하여 유속을 계산하였으며, 침강력은 유체의 중력이 액체의 부력이나 마찰저항과 평형을 이루는 종말침강속도를 구하여 자연생태환경과 유사하게 적용하였다.

## 3. 제안된 방법

### 3.1 유체의 충돌변화

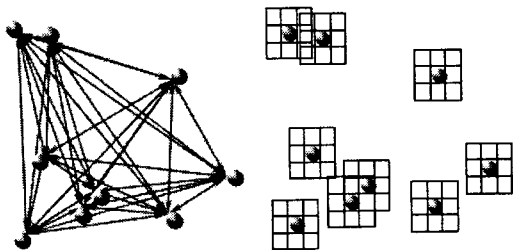
자연 생태학적 관점에서 두 유체사이의 충돌 현상

이 빈번하게 발생하고 있으며, 이러한 충돌현상은 두 유체간의 상호작용에 많은 영향을 미친다. 상호작용에 의해 유체들간의 성질에 따라 각 유체들이 반응하는 변화 또한 다양할 것이다. 따라서, 이러한 충돌현상을 정확하게 감지해야 한다. 두 유체간의 충돌현상이 일어날 경우, 식 (8)을 이용하여 두 유체의 운동량 보존의 법칙에 의하여 충돌에 따르는 변화량을 계산한다.

$$\begin{aligned}
 m_1 v_1 + m_2 v_2 &= m_1 v'_1 + m_2 v'_2 \\
 \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 &= \frac{1}{2} m_1 v'^2_1 + \frac{1}{2} m_2 v'^2_2
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

그러나, 그림 4 (a)와 같이 유체간의 거리를 이용한 방법은 하나의 유체가 다른 유체와 충돌하는지의 여부를 판단하기 위해 나머지 유체, 예를 들면, 유체의 개수가 만약 100개라고 가정했을 때, 99개와의 거리를 구해서 충돌여부를 판단하게 된다. 그 다음 유체는 다른 98개의 유체와 계산해야 하고 그러면, 계산량은 유체개수의 계승(Factorial)만큼 될 것이다. 이것을 3차원으로 구현할 경우, 그 시간비용은 적지 않은 손실을 가져온다.

그림 4 (b)와 같이 이웃한 거리에 다른 유체가 존재하는지를 체크하는 방법은 3차원으로 구현할 경우, 각 유체들은 자신의 이웃한 26방향을 체크해야 하고, 존재여부를 판단하기 위해 유체가 이동하는 공간은 3차원 매트릭스 형태가 되어야 한다. 그러나, 충돌여부를 감지하기 위해 실험환경전체를 3차원 공간 매트릭스형태를 구성하는 것은 더 많은 메모리 문제가 상주하므로 이 또한 부적절하다.



(a) 유체간의 거리를 이용 (b) 이웃한 거리를 이용  
그림 4. 유체의 충돌감지

3.2 신경회로망을 이용한 충돌감지

본 논문에서는 신경회로망을 이용한 충돌여부를

체크하여, 두 유체간의 충돌에 따르는 속도변화를 도모하고자 한다. 현재 개발되어 있는 인공지능망 알고리즘에는 수많은 알고리즘들이 존재하고 있다. 각 알고리즘들에 있어 각 특성에 맞는 적용 분야들이 존재하는데, 일반적으로 주어진 데이터를 유사한 특성을 갖는 클러스터(Cluster)로 분류하는데 목적이 있을 경우 가장 많이 사용되는 방법으로 ART(Adaptive Resonance Theory), SOFM(Self-Organizing Feature Map), Fuzzy-ART 등이 있다. 본 논문에서는 이러한 방법들 중 비지도 학습에 속하며, 군집의 클러스터링 효과가 뛰어나면서 입력 데이터의 크기에 제한이 적은 ART2 알고리즘을 이용하여 변화가 많은 하천을 표현하고자 한다. ART2는 Grossberg와 Carpenter에 의해 제안된 신경회로망 모델로서 적응성과 안정성을 가지고 있다[12]. ART2의 연결가중치 변화는 모든 입력 유체의 거리평균값을 취함으로써 클러스터 생성에 고르게 반응하게 된다. 이와 유사하게 다른 경쟁학습방법으로 클러스터링 효과를 제공하는 Kohonen의 SOM의 경우는 분류할 클러스터의 개수를 미리 정의해야 하므로, 입력값 즉, 유체개수에 영향을 받는다는 단점이 존재한다. 일반적으로 ART2는 클러스터를 동적으로 생성하기 때문에, 입력되는 유체의 개수에 영향을 받지 않으므로 변화가 많은 자연생태계를 표현하는데 적합하다. 일반적으로 신경회로망은 훈련과 인식과정으로 분류되나, 본 논문에서는 충돌을 감지하기 위한 방법을 사용하므로, 입력 값들에 대한 분류과정에만 이용하였다.

그림 5에서 X는 입력 유체를 나타내며, W는 j번

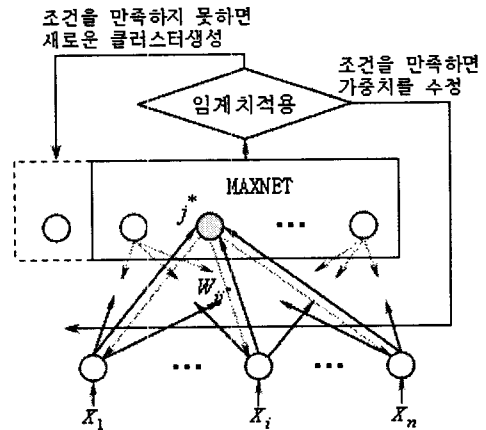


그림 5. ART2를 이용한 유체의 분류

제 cluster의 가중치를 나타낸다. 그림 6과 같이 클러스터링된 유체들은 그 개수를 알 수 있으므로, 그 개수가 2개 이상이면, 충돌여부를 감지할 수 있다. 따라서, 그림 6과 같이 그 범위 내에서만 다시 물체간의 거리를 계산하여 충돌변화를 적용함으로써, 앞에서 살펴본 방법들보다 효율적이다.

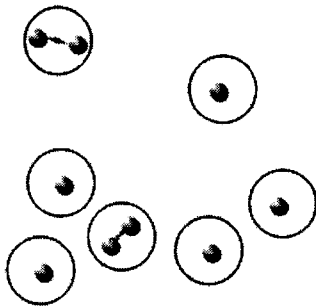


그림 6. ART2를 이용한 유체의 충돌감지

4. 실험결과

본 논문에서는 자연 생태학을 분석하기 위한 3차원 모델을 구현해 보았다. 기존의 관련 모델들은 세부적인 항목(예들 들면, 물의 흐름 모델, 유체의 통계 자료를 기반한 모델 등)들에 대해 구현되어 있으나, 본 논문에서는 자연 생태계에서 유체들의 반응을 기존의 수동적인 통계자료로 분석하고 예측하는 것에 만족하지 않고, 관찰하고자 하는 유체의 상태변화를 보다 효율적으로 관찰하고, 변화에 영향을 미치는 외부적인 환경요소에 대해 파악할 있도록 환경을 제공하였다.

하천을 모델하기 위해서는 하천의 일부분을 부분적으로 조사 및 분석할 수 있도록 격자모델(lattice model)을 이용하였다. 우선, 가장 작은 단계의 격자들을 구성하여 세부적인 요소들을 살펴보고 차츰 전반적인 하천을 표현하고자 하였다. 그림 7과 같이, 실험환경을 길이, 너비, 높이를 각각 300mm로 두었으며, 유체의 크기는 1mm, 2mm, 3mm 3가지를 두어 실험하였다. 실제 하천과 유사하게 발생하기 위하여 유체는 실험환경의 좌측에서 X, Y, Z의 값을 무작위로 생성하였으며, 기본값은 초당 10개를 발생하도록 하여 유속을 초당 100mm의 잔잔한 흐름을 관찰하고자 한다. 변화가 많은 하천의 적합하도록 입력창을 두어 수정 가능하게 하여 효율성을 도모하였다.

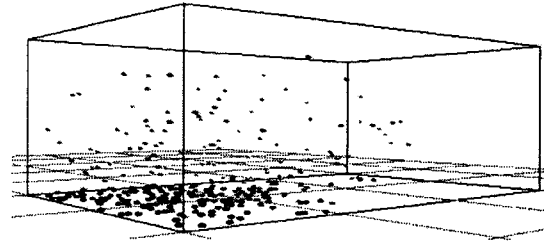


그림 7. 3차원 하천 모델

또한, 유체의 항력에 대하여 Navier-Stokes의 방정식을 일반화하여 적용하여 실제 하천을 3차원으로 구현하여, 그림 8과 같이 여러 각도에서 물의 흐름에 따르는 유체의 변화량을 시각적으로 살펴볼 수 있었다. 그리고, 충돌과 같은 복잡한 계산이 요구되는 부분에 신경회로망을 이용하여 충돌감지에 대해 시간비용을 감소시켜 부하가 많은 3차원적 표현에 대한 처리를 효율적으로 구현하였으며, 색깔을 다르게 하여 살펴볼 수 있도록 하였다.

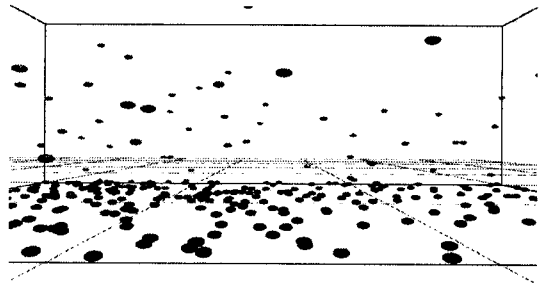


그림 8. 유체의 충돌감지

하천의 충돌작용은 유체의 상호작용에 많은 영향을 미친다. 이러한 상호작용은 각 유체의 성질에 따르는 반응이므로 충돌작용은 중요한 요소이다. 이러한 충돌작용을 정확하게 감지해야 하며, 이러한 하천의 충돌여부를 판단하기 위하여 본 논문에서는 신경회로망을 이용한 방법을 제안하였다. 각 유체간의 거리를 구하여 충돌을 감지하는 방법은 시간비용이 무한대에 가까우며, 이웃한 거리를 이용한 방법은 3차원으로 구현할 경우, 메모리관리에 비효율적이다. 따라서, 신경회로망을 이용한 방법은 실험결과를 표 1와 같이 우수한 성능을 보였으며, 유체의 개수가 100~300개일 경우, 통계적 자료와 실제 탐지한 개수가 일치하였으며, 400일 경우에서도 미세한 차이를 나타내었다. 즉, 3개이상의 유체가 동시에 충돌에 검출

표 1. 유체의 충돌검출결과

유체의 개수	통계적 자료	실험결과
100	3	3
200	7	7
300	11	11
400	16	15

되는 경우가 발생하였으나, 우선 두 개에 대한 유체에 대해서만 처리하였다. 충돌에 대한 반응은 운동량 보존의 법칙을 적용하여 각 유체가 받는 항력을 다시 계산함으로써 보다 정확한 변화를 도모하였다.

변화하는 유체에 대해 보다 효율적으로 모니터링할 수 있도록 추적하고자 하는 유체를 선택하면, 그 영역 내에 포함되는 유체를 체크하여 그 유체가 가지고 있는 좌표, 상태 및 밀도 등을 손쉽게 표현되게 하였다. 따라서, 기존의 통계적 자료에 근거한 추정적인 값보다는 3차원으로 움직임을 살펴볼 수 있고, 수치로 표현되어 보다 효율적이며 사실적이라고 할 수 있겠다.

본 논문에서는 하천의 생태를 조사하여 그 변화에 대한 시발점으로 3차원으로 구현하여 자원관리, 평가 및 모니터링의 응용 생태 분야 발전에 기여하고자 하였다. 현장조사를 통한 자료획득과 동수역학 모형의 모의를 통한 하천흐름환경의 이해를 바탕으로 하상의 수심과 유속, 하상 단면을 현장과 최대한 유사하게 구현하고자 하였다. 기존의 수치로 인한 분석과 평가에 대하여 보다 신뢰성 있고 효율적으로 유체의 변화를 알아보고자 3차원으로 구현하였다. 유체가 받는 항력을 Navier-Stokes 방정식을 일반화하여 적용하였으며, 복잡한 계산량이 요구되는 충돌감지를 신경회로망을 이용함으로써 시스템의 부하를 줄였다. 수동적인 관찰에 따른 데이터 측정과 제한한 모델을 비교한 결과 유사한 성능을 보였다.

연구과제로는 3개이상의 유체가 충돌할 경우, 서로 다른 유체간의 운동변화량을 고려하여 표현하고, 퇴적되는 유체에 대하여 유체들간의 상호반응에 의한 퇴적효과 및 무너지는 효과에 대하여 연구하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] Angradi, T. R. 1996. Inter-habitat variation in benthic community structure, function, and organic matter storage in 3 Appalachian headwater streams. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 15(1):42-63.

[2] Forman R.T.T. 1995, *Land mosaics: the ecology of Landscapes and regions*. Cambridge University Press, Great Britain.

[3] Scott D.C., L. Barmuta, O. Sarnelle, K. Kratz and S. Dichl, 1997, Quantifying spatial heterogeneity in streams, *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 16(1), 174-188.

[4] Bott T.L. and M.A. Borchardt, 1999, Grazing of protozoa, bacteria, and diatoms by meiofauna in lotic epibenthic communities, *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 18(4), 499-513.

[5] Johnson, P.D., Brown K.M., Covell, C.V 1994. Effects of heavy metals on a macroinvertebrate assemblage from a Rocky Mountain stream in experimental microcosms. *J.N. Am. Benthol. Soc.*, 13, 4.

[6] Stwverson, R.J. 1997. Resource thresholds and stream ecosystem sustainability. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 16, 2.

[7] Ramirez, A., Pringle, C.M. 1995. Structure and Production of a benthic insect assemblage in a neotropical stream. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 14, 3.

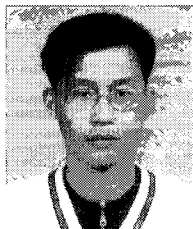
[8] Hogg, I.D., Williams, D.D. 1996. Response of stream invertebrates to a global warming thermal regime: an ecosystem-level manipulation. *Ecology*, 77.

[9] 국내 여건에 맞는 자연형 하천 공법의 개발, 연차보고서(1996~2000), 한국건설기술연구원, 환경부.

[10] Allan, J.D. 1995. *Stream Ecology: Structure and function of running waters*. Chapman & Hall, London, UK.

[11] 안수한, 수리학, 동명사, 2000.

[12] Simon Haykin, "Neural Networks: A Comprehensive Foundation", MacMillan, 1994.



제 성 관

2000년 2월 대구대학교 전자계산학과 학사  
2002년 2월 부산대학교 전자계산학과 석사  
2002년 9월~현재 부산대학교 전자계산학과 박사과정

관심분야: 신경회로망, 컴퓨터비전, 정보보안  
E-mail : jimmy@harmony.cs.pusan.ac.kr



서 창 진

1997년 2월 경성대학교 전산통계학과 학사  
1999년 2월 부산대학교 멀티미디어학과 석사  
2001년 3월~현재 부산대학교 멀티미디어학과 박사과정

2000년 3월~현재 성덕대학 컴퓨터정보계열 전임강사  
관심분야: 신경망, 멀티미디어, 컴퓨터비전  
E-mail : cjseo@sd-c.ac.kr



김 철 기

1999년 2월 부산대학교 전자계산학과 학사  
2001년 2월 부산대학교 전자계산학과 석사  
2003년 2월 부산대학교 전자계산학과 박사

2003년 3월~현재 밀양대학교 컴퓨터공학과 전임강사  
관심분야: 신경회로망, 컴퓨터비전, 웨이블릿  
E-mail : kck@harmony.cs.pusan.ac.kr



차 의 영

1979년 2월 경북대학교 전자공학과 학사  
1982년 2월 서울대학교 계산통계학과 석사  
1998년 8월 서울대학교 컴퓨터공학과 박사

1985년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수  
2001년 3월~현재 부산대학교 전자계산소 소장  
관심분야: 영상처리, 신경회로망, 신호처리

교신저자

제 성 관 609-735 부산광역시 금정구 장전동 산30 부산대학교 전자계산학과 NR-Lab